

徐 阳, 龚榜初, 江锡兵, 等. 不同栗药模式中板栗产量与品质分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 189–193.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.043

# 不同栗药模式中板栗产量与品质分析

徐 阳<sup>1</sup>, 龚榜初<sup>1</sup>, 江锡兵<sup>1</sup>, 胡卫滨<sup>2</sup>, 陈喜良<sup>3</sup>, 吴开云<sup>1</sup>, 孙维敏<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学院亚热带林业研究所/浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江富阳 311400;

2. 浙江省金华武义县林业科技推广站, 浙江武义 321200; 3. 浙江万寿康生物科技有限公司, 浙江武义 321200)

**摘要:**为筛选高效栗药种植模式, 构建板栗-覆盆子、板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青、板栗-白芨 4 种栗药种植模式, 并进行板栗产量与品质分析。结果表明, 栗药模式单株板栗及栗仁产量分别比板栗纯林显著提高 10%~40% 与 24.31%~71.10%。板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青模式单栗质量比板栗纯林分别显著提高 19.24%、10.79%, 但板栗-覆盆子模式单栗质量只相当于板栗纯林的 86.10%。去除栗壳影响, 各栗药模式单栗仁质量增幅加大, 其中板栗-三叶青模式单栗仁显著提高 42.91%。栗仁主要矿质元素含量也显著提升, 栗仁磷、钾含量分别提高 34.78%~81.62%、64.37%~82.30%; 栗仁钙、镁元素含量分别提高 135.64%~238.14%、36.54%~54.45%。而营养成分指标存在较大分化, 栗仁可溶性总糖含量、脂肪含量等指标反而显著低于板栗纯林, 板栗-三叶青模式中栗仁淀粉含量比纯林提高 3.51%。依据品质性状模糊分析, 板栗-三叶青栗仁综合品质最佳, 板栗-铁皮石斛模式栗仁综合品质反而低于板栗纯林。表明板栗-三叶青种植模式中板栗产量与品质表现最佳。

**关键词:**栗药模式; 板栗产量; 板栗品质

**中图分类号:** S664.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0189-05

板栗(*Castanea mollissima* Blume)栽培面积广, 涉业人员众多<sup>[1]</sup>, 但目前板栗园普遍出现低产低效现象, 导致部分栗农生产积极性不高, 出现许多放弃板栗园管理现象, 严重阻碍了板栗产业发展。如何提高板栗林地产出率 and 经济效益, 增加山区栗农收入, 是目前亟待解决的问题<sup>[1-4]</sup>。

板栗林下进行有机耐阴中草药种植, 短期内能产生较高的经济效益<sup>[4-5]</sup>, 如中原地区板栗-天麻(*Gastrodia elata* Bl.)<sup>[6]</sup>与辽东地区板栗-关玉竹[*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce] 模式<sup>[7]</sup>可帮助当地栗农产生最高收益

15 万元/hm<sup>2</sup> 左右。因此, 充分利用板栗林地空间、土壤、水源条件, 改变单一种植模式, 将板栗林培育和中草药生产有机结合, 科学发展栗药套种是增加栗农收入可行且有效的途径<sup>[5-7]</sup>。

中原地区板栗-天麻与辽东地区板栗-关玉竹模式, 缺乏在各地应用的科学经验, 且考虑到药材道地性原则, 这些模式在华东地区推广时尚需详细的可行性论证。与此同时, 我国华东地区特色的三叶青、铁皮石斛、覆盆子等林药模式<sup>[8-9]</sup>效益极为可观, 但相应栗药模式尚未建立, 也缺乏系统研究。

总之, 栗农急切的增收需要与目前匮乏的栗药模式之间的矛盾日益突出, 亟需建立多种栗药模式, 进行系统评价, 筛选各地适宜的栗药模式。而开展栗林下中药材种植对板栗产量和品质影响的评估是栗药模式筛选的基础。本研究以三叶青(*Tetrastigma hemsleyanum*)、铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)、覆盆子(*Rubus chingii*)、白芨(*Bletilla striata*)材料, 构建多种栗药种植模式, 对不同种植模式中板栗产量与品质进行测定分析, 为高效栗药种植模式的筛选提供基础, 以期更好地服务新农村建设, 促进板栗产业快速发展。

收稿日期: 2018-03-07

基金项目: 浙江省公益技术研究农业项目(编号: 2015C32072)。

作者简介: 徐 阳(1986—), 男, 安徽阜阳人, 博士, 助理研究员, 主要从事经济林高效栽培技术研究。E-mail: xuyang198610@163.com。

通信作者: 龚榜初, 博士, 研究员, 主要从事经济林良种选育与高效栽培技术研究。E-mail: gongbc@126.com。

[7] 周宇飞, 王德权, 陆樟镛, 等. 干旱胁迫对持绿性高粱光合特性和内源激素 ABA、CTK 含量的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 655–663.

[8] 敖茂宏, 宋智琴, 申 刚, 等. 干旱胁迫对薏苡叶片生理指标及产量和籽粒品质的影响[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(1): 213–214.

[9] 王俊侠, 范惠菊. 水分和钾肥对冬小麦旗叶光合特性的影响[J]. 河北农业科学, 2006, 10(3): 43–45.

[10] 刘蔚漪, 辉朝茂, 陆燕元, 等. 牡竹属 3 种竹种光合特性及其影响因子分析[J]. 热带作物学报, 2016, 37(9): 1781–1786.

[11] 刘 婧, 王宝山, 谢先芝. 植物气孔发育及其调控研究[J]. 遗传, 2011, 33(2): 131–137.

[12] 徐俊增, 彭世彰, 魏 征, 等. 节水灌溉水稻叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度

及气孔与非气孔限制[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 76–80.

[13] 廖 行, 王百田, 武 晶, 等. 不同水分条件下核桃蒸腾速率与光合速率的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 30–34.

[14] 叶子飘, 于 强. 植物气孔导度的机理模型[J]. 植物生态学报, 2009, 33(4): 772–782.

[15] 张 娟, 张正斌, 谢惠民, 等. 小麦叶片水分利用效率及相关生理性状的关系研究[J]. 作物学报, 2005, 31(12): 1593–1599.

[16] 韩 梅, 林春新, 杨利民, 等. 水因子对东北铁线莲光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(10): 213–217.

[17] 李慧玲, 白 岩, 李雁鸣. 薏苡生育期中叶片光合性能的研究[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(5): 9–14.

1 材料与方法

1.1 试验处理与材料

试验地位于浙江省金华市武义县王宅镇,10 年生板栗林。林相基本整齐,主栽品种为毛板栗(*Castanea mollissima* Blume Maobanhong),兼少量魁栗(*Castanea mollissima* Blume Kuili)。选择等高线附近土壤类型、质地相似的 15 个地块,每地块约 0.067 hm<sup>2</sup>,共约 1 hm<sup>2</sup>。2014 年冬季林下人工整地,2015 年春,覆盆子分株栽植,铁皮石斛幼苗树干绑缚种植,三叶青、白芨采用幼苗栽种,分别构建板栗-覆盆子、板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青、板栗-白芨 4 种栗药种植模式及板栗纯林,其中每种模式 0.2 hm<sup>2</sup>,重复 3 次,每次重复 0.067 hm<sup>2</sup>。不同种植模式土肥水等管理方式一致。

1.2 取样方法

2017 年夏始,各药材陆续进入稳产成熟期。2017 年 9 月,对不同种植模式板栗产量与品质进行采样与调查。各模式每个重复中选取 9 株生长发育良好的毛板栗树,统计每株成熟栗苞数,并从每株中部四周采摘 10 个成熟栗苞,带回实验室,分别对栗苞、板栗和栗仁表型性状、栗仁营养成分进行测定。

1.3 指标测定

1.3.1 表型测定 利用游标卡尺分别测量栗苞、板栗、栗仁长度、宽度、高度,单苞质量、单果质量、单栗仁采用百分之一电子天平称量,其中板栗选取边果进行测量。采果期统计每株样树单苞栗数、单株栗数,测定单株苞质量、单株栗质量、单

株栗仁质量。

1.3.2 营养成分指标测定 氮元素含量、蛋白质含量测定参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准》;磷含量测定参照 GB 5009.87—2016《食品安全国家标准》;钾、钙、镁含量测定参照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准》;脂肪含量测定参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准》。淀粉、可溶性糖含量采用蒽酮比色法进行测定。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 软件进行多重比较差异显著检验与模糊综合评价。

2 结果与分析

2.1 不同栗药种植模式中板栗生长与产量比较

2.1.1 不同栗药种植模式中板栗产量性状比较 从表 1 可以看出,板栗林下套种中草药后,单株栗质量与栗仁质量均明显提升。其中板栗-铁皮石斛模式单株栗质量最高,为 5.32 kg,比板栗纯林提高 40%,处理间差异显著;板栗-三叶青、板栗-白芨、板栗-覆盆子模式,单株板栗产量分别为 5.01、4.53、4.19 kg,分别比板栗纯林提高 31.84%、19.21%、10.26%。不同种植模式单株板栗仁产量分化较大,板栗-三叶青、板栗-铁皮石斛模式最高,分别为 3.73、3.45 kg,分别比板栗纯林显著提高了 71.10%、58.26%,处理间差异显著;板栗-覆盆子在栗药模式间最低,为 2.71 kg/株,但也比板栗纯林提高 24.31%。

表 1 不同栗药种植模式中板栗产量性状比较

套种模式	苞质量 (kg/株)	栗质量 (kg/株)	栗仁质量 (kg/株)	苞数 (苞/株)	单株栗数 (个/株)	单苞栗数 (个/苞)
板栗-覆盆子	11.02 ± 1.64b	4.19 ± 0.53ab	2.71 ± 0.29bc	225.33 ± 11.06a	624.75 ± 63.92ab	2.79 ± 0.43a
板栗-铁皮石斛	14.25 ± 0.81a	5.32 ± 0.92a	3.45 ± 0.46a	231.00 ± 21.78a	668.27 ± 38.99a	2.67 ± 0.49ab
板栗-三叶青	11.88 ± 2.20ab	5.01 ± 0.76ab	3.73 ± 0.50a	221.67 ± 18.90a	593.28 ± 35.63ab	2.65 ± 0.61ab
板栗-白芨	11.78 ± 1.49ab	4.53 ± 0.67ab	3.02 ± 0.39ab	210.00 ± 15.53a	516.66 ± 121.30b	2.63 ± 0.50ab
板栗纯林	10.52 ± 0.34b	3.80 ± 0.12b	2.18 ± 0.07c	219.67 ± 6.25a	585.79 ± 24.00ab	2.17 ± 0.75b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 2 至表 5 同。

单株产量由单株栗数与单栗质量共同决定,因此进一步分析板栗林下套种中草药,对板栗数量和单栗质量 2 个方面的影响。除板栗-白芨外,其余栗药种植模式单苞栗数均有提升,板栗-覆盆子模式最高,比板栗纯林提高了 28.57%,处理间差异显著,其他 3 种栗药模式每苞栗数较为相近,均比板栗纯林提高了 20% 左右。板栗-铁皮石斛模式单株栗数最高,为 668.27 个,比板栗纯林提高了 14.08%。板栗-三叶青、板栗-覆盆子模式与板栗纯林差异不显著。而板栗-白芨模式单株栗数为 516.66 个/株,显著低于其他模式,且相当于板栗纯林的 88.20%。

2.1.2 不同栗药种植模式中栗苞、坚果、栗仁生长性状比较

不同栗药种植模式单株栗产量到单株栗仁产量,提高幅度逐渐拉大,不同模式单质量在单苞、单栗和单栗仁层面存在差异,因此需对各层次单质量进行分析。从表 2 可以看出,不同栗药种植模式栗苞质量明显提升,且不同模式间也存在差异。板栗-铁皮石斛模式单苞质量最重,平均为 73.92 g,相对于板栗纯林的 53.93 g,提高了 37.07%,处理间差异显著。板

栗-三叶青、板栗-白芨 2 种种植模式基本一致,分别为 62.90、62.31 g,分别比板栗纯林提高了 16.63%、15.54%。板栗-覆盆子在栗药种植模式中单苞质量最小,为 58.32 g,比板栗纯林提高了 8.14%。从外形上看,单苞质量提高只是表现在栗苞高度的增加,其中板栗-铁皮石斛种植模式中栗苞最高,为 52.43 mm,比板栗纯林提高了 14.35%。而苞宽、苞长等栗苞性状处理间差异不显著。说明模式间单苞质量的差异或许主要来源于苞内栗质量或仁质量。不同栗药种植模式单苞栗质量、单苞仁质量均比板栗纯林处理明显提升,其中板栗-铁皮石斛、板栗-三叶青、板栗-白芨模式单苞栗质量分别为 27.97、26.35、23.29 g,分别比板栗纯林显著提高 44.03%、35.68%、19.93%。板栗-覆盆子模式低于这 3 种模式,但也比板栗纯林提高了 10.97%。不同栗药模式单苞仁质量显著高于板栗纯林,且增幅也大于单苞栗质量。其中板栗-三叶青、板栗-铁皮石斛模式单苞仁质量最高,分别为 19.05、18.56 g,比板栗纯林分别提高了 60.35%、56.23%,处理间差异显著,板栗-覆盆子模式低于其他栗药模式,但比板

表 2 不同种植模式中栗苞生长性状比较

套种模式	单苞质量 (g)	单苞栗质量 (g)	单苞仁质量 (g)	苞高 (mm)	苞宽 (mm)	苞长 (mm)
板栗－覆盆子	58.32 ± 14.13bc	21.55 ± 8.05ab	13.75 ± 5.23b	45.66 ± 3.90bc	47.84 ± 3.58a	55.68 ± 6.13a
板栗－铁皮石斛	73.92 ± 21.01a	27.97 ± 7.52a	18.56 ± 4.56a	52.43 ± 3.42a	50.77 ± 6.76a	60.59 ± 11.41a
板栗－三叶青	62.90 ± 15.40abc	26.35 ± 7.62a	19.05 ± 5.00a	44.83 ± 4.81c	49.93 ± 6.75a	61.68 ± 5.51a
板栗－白芨	62.31 ± 12.89abc	23.29 ± 7.97a	14.99 ± 6.43ab	47.95 ± 2.68abc	50.18 ± 4.25a	59.82 ± 4.64a
板栗纯林	53.93 ± 2.30c	19.42 ± 2.67b	11.88 ± 1.47c	45.85 ± 0.82bc	48.66 ± 3.17a	54.41 ± 1.22a

栗纯林显著提高了 15.74%。

模式间单苞栗质量和仁质量的差异,除单苞栗数差异外,还与单栗质量差异相关。从表 3 可以看出,不同种植模式中,板栗－铁皮石斛、板栗－三叶青种植模式单栗质量高于板栗纯林,分别提高了 19.24%、10.79%。而板栗－覆盆子模式

单栗质量为 7.74 g,相当于板栗纯林的 86.10%。板栗纯林单栗质量的提升,很大程度上是由于栗壳厚度的增加,板栗－覆盆子、板栗－铁皮石斛、板栗－三叶青、板栗－白芨种植模式中栗壳厚分别为 1.07、1.30、1.17、1.04 mm,分别只有板栗纯林平均栗壳厚 2.11 mm 的 50.71%、61.61%、55.45%、49.29%。

表 3 不同栗药种植模式中坚果与栗仁生长性状比较

套种模式	单栗质量 (g)	栗壳厚 (mm)	单栗仁质量 (g)	栗仁长 (mm)	栗仁宽 (mm)	栗仁高 (mm)
板栗－覆盆子	7.74 ± 2.29b	1.07 ± 0.21b	5.04 ± 3.06b	23.87 ± 3.34a	14.18 ± 2.94a	20.40 ± 3.53a
板栗－铁皮石斛	10.72 ± 2.94a	1.30 ± 0.46b	7.07 ± 2.12ab	24.81 ± 5.59a	16.43 ± 2.90a	22.57 ± 2.38a
板栗－三叶青	9.96 ± 2.57a	1.17 ± 0.55b	7.36 ± 1.74a	26.85 ± 2.91a	15.56 ± 2.83a	22.83 ± 2.72a
板栗－白芨	8.87 ± 3.13ab	1.04 ± 0.37b	5.74 ± 2.68b	25.52 ± 7.26a	15.41 ± 4.67a	21.40 ± 5.98a
板栗纯林	8.99 ± 2.80ab	2.11 ± 0.14a	5.15 ± 1.26b	24.93 ± 1.42a	15.44 ± 2.10a	17.08 ± 1.11b

去除栗壳影响,只看单栗仁质量方面,板栗－覆盆子模式单栗仁质量与板栗纯林差异不显著,板栗－铁皮石斛、板栗－三叶青模式单栗仁质量提高幅度较大,板栗－三叶青模式单栗仁质量最重,为 7.36 g,比板栗纯林提高了 42.91%,板栗－铁皮石斛单栗仁质量为 7.07 g,比板栗纯林提高了 38.28%。与单苞外形一致的是,栗仁差异主要体现在高度方面,各栗药种植模式栗仁高显著高于板栗纯林。

2.2 不同栗药种植模式中板栗营养成分比较

2.2.1 不同栗药种植模式中板栗矿质元素成分比较 不同模式栗仁品质差异分析也是高效栗药种植模式筛选的重要部分。从表 4 可以看出,不同栗药模式中栗仁主要矿质元素含量相对板栗纯林显著提升。栗药模式栗仁镁含量、钾含量分

别比板栗纯林提高了 36.54%~54.45%、64.37%~82.30%,但不同栗药模式间差异不显著。而全氮、磷、钙元素含量在不同栗药模式间表现不一致,板栗－白芨模式中最高,分别为 1.4%、223.45 mg/100 g、684.33 mg/kg,分别比板栗纯林提高了 72.84%、81.62%、238.14%;板栗－三叶青模式紧随其后,分别为 1.26%、187.94 mg/100 g、599.00 mg/kg,分别比板栗纯林提高了 55.56%、52.76%、196.53%。板栗－覆盆子模式中栗仁磷与钙含量在栗药模式中最低,分别为 165.82 mg/100 g、476.00 mg/kg,但也比板栗纯林分别提高了 34.78%、135.64%。不同栗药模式中,栗仁氮含量在板栗－铁皮石斛模式中最低,为 1.04%,仍比板栗纯林提高了 28.40%。

表 4 不同栗药种植模式中栗仁矿质元素含量比较

套种模式	氮含量 (%)	磷含量 (mg/100 g)	钾含量 (mg/kg)	钙含量 (mg/kg)	镁含量 (mg/kg)
板栗－覆盆子	1.25 ± 0.03b	165.82 ± 2.68c	9 848.00 ± 95.00a	476.00 ± 62.00c	1 210.50 ± 85.50a
板栗－铁皮石斛	1.04 ± 0.13c	193.03 ± 9.91b	8 974.3 ± 906.84a	514.67 ± 20.23bc	1 136.00 ± 108.09a
板栗－三叶青	1.26 ± 0.1ab	187.94 ± 3.40b	8 879.3 ± 1 068.39a	599.00 ± 67.82ab	1 208.70 ± 181.60a
板栗－白芨	1.40 ± 0.05a	223.45 ± 3.87a	9 237.3 ± 644.87a	684.33 ± 66.23a	1 285.70 ± 86.56a
板栗纯林	0.81 ± 0.07d	123.03 ± 11.18d	5 402.0 ± 411.09b	202.00 ± 38.36d	832.00 ± 75.64b

2.2.2 不同栗药种植模式中栗果营养元素含量比较 从表 5 可以看出,与矿质元素含量不同,各栗药模式中栗仁可溶性总糖、粗脂肪含量反而低于板栗纯林。其中,板栗－三叶青中栗仁可溶性总糖、板栗－白芨栗仁脂肪含量显著最低,分别为 5.36%、0.87%,分别只相当于板栗纯林的 70.71%、48.33%。而板栗－覆盆子、板栗－白芨模式中板栗种实可溶性总糖含量在栗药模式中最高,分别为 7.18%、7.14%,但也分别只相当于板栗纯林的 94.72%、94.20%。即使是栗药模式中种实粗脂肪含量最高的板栗－铁皮石斛模式,其脂肪含

量也只有 1.33%,相当于板栗纯林的 73.89%。

栗药模式与板栗纯林栗仁淀粉含量指标的差异相对较小。但除板栗－三叶青模式中栗仁淀粉含量比纯林提高 3.51%,板栗－覆盆子模式与纯林差异不显著,板栗－铁皮石斛、板栗－白芨模式栗仁淀粉含量也只分别相当于板栗纯林的 91.48%、95.37%。不同栗药模式中栗仁蛋白质却显著高于纯林,其中板栗－白芨中栗仁蛋白质含量最高,比纯林提高了 3.64%,提升幅度为 71.65%。处理间差异显著,板栗－铁皮石斛模式蛋白质提升幅度最少,但也比板栗纯林提升了 27.95%。

表 5 不同栗药种植模式中栗仁营养元素含量比较

套种模式	蛋白质含量 (%)	淀粉含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	粗脂肪含量 (%)
板栗－覆盆子	7.76 ± 0.16b	62.41 ± 0.23ab	7.18 ± 1.06ab	1.05 ± 0.05b
板栗－铁皮石斛	6.50 ± 0.78c	57.73 ± 5.37b	6.36 ± 0.58bc	1.33 ± 0.21ab
板栗－三叶青	7.85 ± 0.62b	66.62 ± 1.37a	5.36 ± 1.68c	1.13 ± 0.23b
板栗－白芨	8.72 ± 0.31a	60.19 ± 2.75b	7.14 ± 1.02ab	0.87 ± 0.15c
板栗纯林	5.08 ± 0.46d	63.11 ± 4.74ab	7.58 ± 0.96a	1.80 ± 0.16a

2.2.3 不同栗药种植模式中栗仁品质性状的模糊综合评价  
栗仁细、香、甜、脆等品质是由矿质元素和营养成分综合决定的,单一矿质元素和营养成分的多重比较,并不能全面揭示各模式中栗仁营养品质的差异。因此采用模糊数学法对栗仁营养品质进行综合评价<sup>[10-11]</sup>,首先分别将各测定指标的最小值和最大值,分别计为 60 分和 100 分,即隶属度分别为 0.6 和 1.0,由此建立线性隶属函数(表 6),再根据各项权重<sup>[12]</sup>计算出各项平均隶属度,根据平均隶属度总和的大小进行各板

栗品种品质排序。  
按照各项平均隶属度总和大小,将各模式栗仁品质进行排序,板栗－三叶青、板栗－白芨、板栗－覆盆子模式排名高于板栗纯林,说明大部分栗药模式能显著提高栗仁综合品质,其中板栗－三叶青排名最高,栗仁综合品质最佳。但板栗－铁皮石斛模式中栗仁综合品质反而低于板栗纯林,栗仁综合品质下降(表 7)。

表 6 不同指标线性隶属函数与权重系数

成分	最大值		最小值		线性隶属函数	权重系数
	数值	隶属度	数值	隶属度		
氮含量( $X_1$ ,%)	1.43	1	0.81	0.6	$y_1 = -0.010x_1 + 0.902$	0.005
磷含量( $X_2$ ,mg/100 g)	227.23	1	123.03	0.6	$y_2 = -0.006x_2 + 0.865$	0.025
钾含量( $X_3$ ,mg/kg)	9 979.00	1	5 402.00	0.6	$y_3 = -0.024x_3 + 1.061$	0.004
钙含量( $X_4$ ,mg/kg)	742.00	1	202.00	0.6	$y_4 = -0.008x_4 + 0.888$	0.030
镁含量( $X_5$ ,mg/kg)	1 364.00	1	832.00	0.6	$y_5 = -0.014x_5 + 0.946$	0.004
蛋白质含量( $X_6$ ,%)	8.92	1	5.08	0.6	$y_6 = -0.010x_6 + 0.902$	0.100
淀粉含量( $X_7$ ,%)	67.53	1	52.19	0.6	$y_7 = 0.003x_7 + 0.828$	0.320
可溶性总糖含量( $X_8$ ,%)	10.66	1	3.98	0.6	$y_8 = 0.004x_8 + 0.747$	0.230
脂肪含量( $X_9$ ,%)	1.80	1	0.70	0.6	$y_9 = 0.010x_9 + 0.709$	0.080

表 7 不同栗药种植模式栗仁品质综合评价

套种模式	隶属度										排序
	氮( $X_1$ )	磷( $X_2$ )	钾( $X_3$ )	钙( $X_4$ )	镁( $X_5$ )	蛋白质( $X_6$ )	淀粉( $X_7$ )	可溶性总糖( $X_8$ )	脂肪( $X_9$ )	总和	
板栗－覆盆子	0.004 4	0.019 1	0.004 0	0.024 1	0.003 5	0.087 9	0.277 2	0.182 1	0.058 2	0.660 5	3
板栗－铁皮石斛	0.003 7	0.021 7	0.003 6	0.024 9	0.003 3	0.074 8	0.238 3	0.170 8	0.066 4	0.607 6	5
板栗－三叶青	0.004 4	0.021 2	0.003 6	0.026 8	0.003 5	0.088 9	0.312 4	0.157 0	0.060 6	0.678 5	1
板栗－白芨	0.004 9	0.024 6	0.003 7	0.028 7	0.003 8	0.098 0	0.258 7	0.200 9	0.052 8	0.676 2	2
板栗纯林	0.003 0	0.015 0	0.002 4	0.018 0	0.002 4	0.060 0	0.283 1	0.187 6	0.080 0	0.651 5	4

3 讨论与结论

目前板栗林整体经济效益不高,严重影响板栗产业发展和山区农民增收。在板栗林下进行有机耐阴中草药种植,有望较大幅度提高板栗林收益,因此本研究率先构建多种栗药种植模式,并进行不同栗药种植模式板栗产量与品质分析,为适宜浙江省及华东地区的高效栗药模式种植筛选提供基础。  
与其他板栗复合模式一样<sup>[4,6-7,13]</sup>,栗药模式板栗产量比板栗纯林显著提高,其中单株板栗增产 10% ~ 40%,单株栗仁产量增产 24.31% ~ 71.10%。增产幅度高于板栗－天麻模式中 12% 的增产幅度<sup>[6]</sup>,更高于板栗－魔芋模式中 6% 的增产幅度<sup>[14]</sup>。这可能是各模式中药材与板栗适应性不同造成的,本研究不同栗药模式增产幅度不同,其中以板栗－铁皮石斛、板栗－三叶青模式增产效果最为明显。  
板栗单株产量由板栗数量和单栗(仁)质量综合决

定<sup>[15]</sup>,进一步研究表明,模式间单株板栗数量和单栗(仁)质量均存在显著差异。不同栗药模式中单苞栗数均高于板栗纯林 20% 左右。各模式单栗仁增质量幅度近一步加大,其中板栗－三叶青模式单栗仁最重,为 7.36 g,比板栗纯林提高了 42.91%,板栗－铁皮石斛模式单栗仁质量比板栗纯林提高了 38.09%。这可能是由于栗园套种中草药有利于抑制杂草生长,提高栗园伴生生物群落的自我调控能力,增加天敌的种类和种群数量,减少了虫害发生率<sup>[16-17]</sup>,从而有效促进了板栗增产,提高板栗品质。更为重要的是,栗园套种药材后,林下耕作更为细密,提高土壤培肥能力,提高板栗对矿质元素的吸收。栗药种植模式板栗种实主要矿质元素含量相对于板栗纯林显著提升,其中,与板栗仁形成密切相关的磷、钾含量<sup>[18-20]</sup>分别提高了 34.78% ~ 81.62%、64.37% ~ 82.30%;而在板栗种实细胞增大中起到重要作用的钙与镁元素<sup>[18-20]</sup>分别提高 135.64% ~ 238.14%、36.54% ~ 54.45%。这些矿质元素

含量的提高,也在一定程度上解释了板栗数与单栗质量的提高。

不同模式栗仁矿质元素含量的不同也造成了营养成分的差异,依据品质性状的模糊分析比较,大部分栗药模式(板栗-三叶青、板栗-白芨、板栗-覆盆子)能显著提高栗仁综合品质,其中板栗-三叶青栗仁综合品质最佳,产量指标同样较好的板栗-铁皮石斛模式,栗仁综合品质反而低于板栗纯林。研究表明,三叶青块根中存在31种内生真菌,其中镰刀菌属为优势菌属<sup>[21]</sup>,一方面,一部分镰刀菌能产生植物激素(赤霉素等),可使农作物增产。一些种可产生纤维酶、脂肪酶、果胶酶<sup>[22]</sup>,或可促进板栗品质。另一方面,板栗根系中广泛存在共生马勃属等多种土壤微生物,而这些微生物能显著提高板栗根系对养分的吸收能力,提高板栗抗旱、耐瘠等能力<sup>[23-24]</sup>。除套种模式增效外,三叶青块根中相对广泛的微生物或许也可对板栗产量与品质起到额外的积极作用。

而板栗-铁皮石斛模式中板栗品质的下降或许有以下2点原因:一方面,铁皮石斛附生于树干,缺乏其他模式中土壤的细致管护,该套种模式本身增效也许就不如其他模式。另一方面,铁皮石斛或许通过根部从板栗树皮中吸取部分养分,从而导致了板栗品质下降。同时,板栗-铁皮石斛模式因铁皮石斛种植措施造成空气湿度增大,虽可提高单栗质量及板栗产量,但同时也稀释了栗仁的营养成分。板栗-铁皮石斛模式各性状标准差较大,板栗与铁皮石斛生长同时存在相互促进和竞争。因此分析与总结板栗-铁皮石斛模式中板栗与铁皮石斛的最适密度配置及最优管理措施,让板栗与铁皮石斛生长以相互促进为主,将是今后进一步研究的重点。

板栗林下进行中草药套种,总体上可对板栗产量与品质起到积极作用。但这种作用究竟是通过以微生物为媒介的互作,还是通过中草药根系分泌的化合物与板栗间的互作,亦或是激素(如:水杨酸)介导的植物间的生长互作,还仅仅是种植方式的改善,促进了土壤理化性质与生态环境改善,各方面的影响如何定量,并且这些因素究竟以何种调节机制影响着板栗生长和品质形成,这些问题仍需进一步系统研究。本研究板栗-三叶青模式中,板栗产量与品质综合最好,可为栗药模式的综合筛选提供基础。

#### 参考文献:

- [1] 马海泉,江锡兵,龚榜初,等. 我国锥栗研究进展及发展对策[J]. 浙江林业科技,2013,33(1):62-67.
- [2] 陈云龙,叶浩然,徐永星,等. 板栗低产林改造技术探讨及经济效益分析[J]. 经济林研究,2007,25(1):42-45,74.
- [3] 王白坡,钱银才. 板栗低产园增产措施[J]. 浙江农林大学学报,1997(3):237-241.

- [4] 姜培刚. 板栗经济林林下空间利用模式(复合经营)及其经济效益[J]. 现代园艺,2012(24):26-27.
- [5] 杨彦伶,张新叶,张军,等. 鄂东丘陵山地林药复合种植模式探讨[J]. 湖北林业科技,2012(1):39-42.
- [6] 王丙灵,杨长群. 板栗林下种植天麻试验[J]. 中药材,1999(9):435-436.
- [7] 王玉田,杨士慧. 辽东山区板栗园种植关玉竹生产模式[J]. 特种经济动植物,2011(9):33-34.
- [8] 陈灏. 杉木种子园下套种三叶青的块根产量分析[J]. 安徽农业通报,2017,23(16):107-108.
- [9] 王晖,姜武,陶正明,等. 淳安县林下中药材复合种植模式[J]. 浙江农业科学,2017,58(7):1190-1191,1198.
- [10] 张继亮,孙海伟,马玉敏,等. 板栗品质的模糊综合评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2001,32(4):475-478.
- [11] 杨晴,齐永顺,张京政,等. 燕山板栗营养品质的模糊综合评价[J]. 经济林研究,2008,26(1):62-66.
- [12] 陈在新,雷泽湘. 板栗营养成分分析及其品质的模糊综合评判[J]. 果树学报,2000,17(4):286-289.
- [13] 白仲奎,王福堂. 山地板栗立体化栽培模式及其效应[J]. 果树学报,1991(3):166-168.
- [14] 郭怀鑫,杨学民,王青. 山阳县核桃板栗林下套种魔芋思考[J]. 陕西林业科技,2013(5):66-68.
- [15] Jiang X B, Tang D, Gong B C, et al. Genetic diversity and association analysis of local cultivars of Chinese chestnut based on SSR markers[J]. Brazilian Journal of Botany,2016,40(1):1-12.
- [16] 罗旭辉,钟珍梅,詹杰,等. 几种牧草在福建侵蚀茶园生态修复中的应用[J]. 亚热带水土保持,2009,21(4):45-48.
- [17] 齐龙波,周卫军,郭海彦,等. 覆盖和间作对亚热带红壤茶园土壤磷营养的影响[J]. 中国生态农业学报,2008,16(3):593-597.
- [18] 董敏,丁之恩,闫晗,等. 板栗种实生长发育中营养物质积累及动态模型建立[J]. 核农学报,2016,30(6):1143-1148.
- [19] 曾柏全,陈建华,姚跃飞. 板栗胚胎发育期间内源激素的动态变化[J]. 河南农业科学,2006,35(6):95-96,103.
- [20] 陈在新,潘娟,江道菊,等. 板栗种子发育期矿质元素含量的动态变化·相关性·与积累水平[J]. 安徽农业科学,2010,38(13):6695-6697,6700.
- [21] 宋亚玲. 三叶青扩展蛋白基因的克隆和块根内生真菌的分离鉴定及其分析[D]. 杭州:杭州师范大学,2016.
- [22] 张向民. 镰刀菌属分类学研究历史与现状[J]. 菌物研究,2005,3(2):59-62.
- [23] 宋彦君,季志平,吕平会,等. 镇安板栗外生菌根真菌多样性研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(4):188-194.
- [24] 秦岭,徐践,马萱,等. 板栗共生菌根真菌种类及其发生规律的研究[J]. 北京农学院学报,1995(1):71-76.